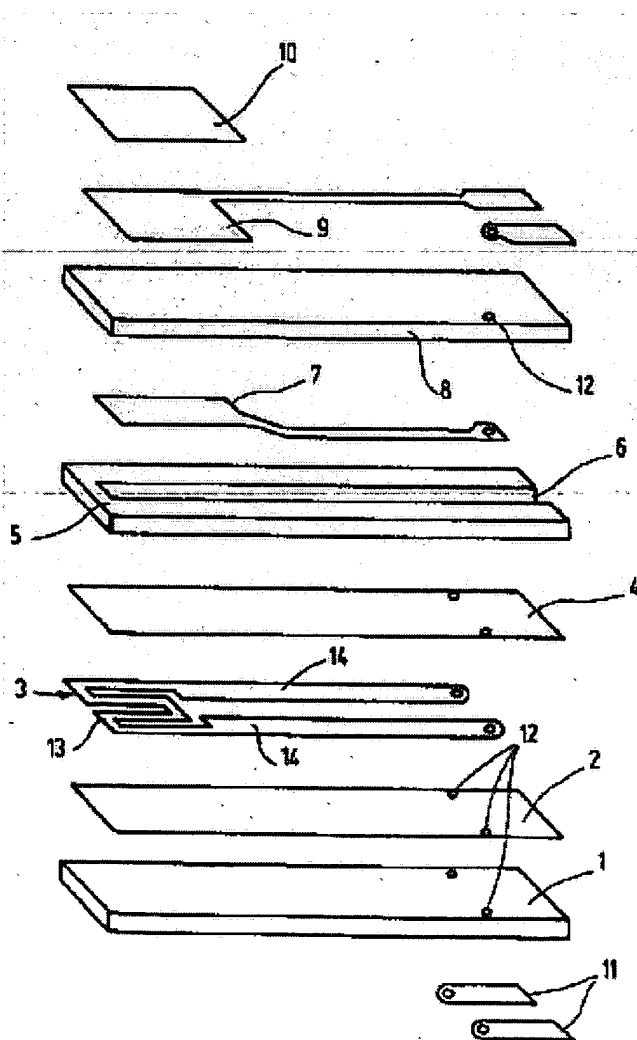


Screen-printing paste used to make flat ceramic components for lambda sensors used especially in vehicles, includes magnesium titanate or its mixture with spinel, forsterite or magnesia

Patent number: DE19937163
Publication date: 2001-02-08
Inventor: HEUSSNER KARL-HEINZ (DE)
Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)
Classification:
- **international:** H01B3/12; H01L21/316; C04B35/462
- **european:** H01B3/12, C04B41/50P46, G01N27/407B
Application number: DE19991037163 19990806
Priority number(s): DE19991037163 19990806

Abstract of DE19937163

The mineral content is MgTiO_3 or its mixture with spinel, forsterite or magnesia. An Independent claim is included for the method of making the sensor element. A heater (3) on a carrier sheet (1) based on ZrO_2 is embedded in an insulating mass (4). The green assembly is sintered, the novel feature being that the insulating masses (2, 4) contain a mineral proportion based on a magnesium-containing oxide.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 37 163 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
H 01 B 3/12
H 01 L 21/316
C 04 B 35/462

②1 Aktenzeichen: 199 37 163.6
②2 Anmeldetag: 6. 8. 1999
④3 Offenlegungstag: 8. 2. 2001

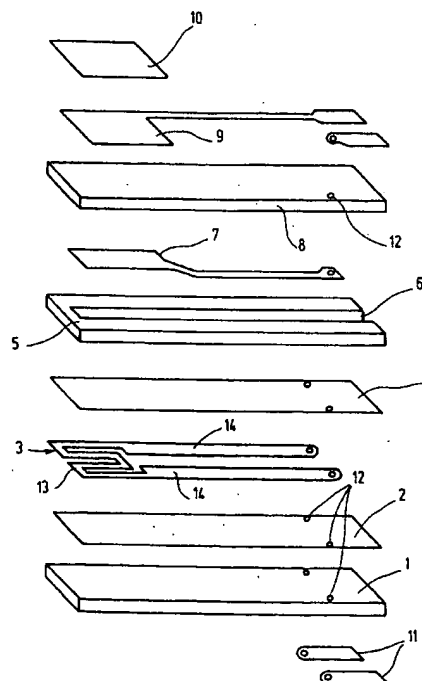
DE 199 37 163 A 1

⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Heussner, Karl-Heinz, Dr., 71229 Leonberg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤4 Siebdruckpaste für die Fertigung von planaren keramischen Elementen, keramisches Sensorelement und Verfahren zu dessen Herstellung
- ⑤7 Eine Siebdruckpaste für die Fertigung von planaren keramischen Elementen, insbesondere für die Fertigung eines Sensorelements, umfaßt einen mineralischen Anteil, der im wesentlichen aus einem magnesiumhaltigen Oxid, insbesondere $MgTiO_3$ besteht. Die Paste dient zur Herstellung von Isolationsschichten (2, 4) für die gasdichte Einbettung einer elektrischen Heizeinrichtung (3) des Sensorelements.



DE 199 37 163 A 1

Die Erfindung betrifft eine Siebdruckpaste für die Fertigung von planaren keramischen Elementen, ein keramisches Sensorelement und ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Keramische Sensorelemente mit einem Träger auf Grundlage von Zirkoniumoxid und einer gegen den Träger elektrisch isolierten und luftdicht eingeschlossenen Heizeinrichtung, insbesondere für planare Lambdasonden, werden im Dickschichtverfahren durch Siebdruck von Funktionsschichten auf ungesinterte ZrO_2 -Folien und anschließendes Sintern hergestellt. Da das Zirkoniumoxid bei den Einsatztemperaturen derartiger Sensoren eine nicht vernachlässigbare elektrische Leitfähigkeit aufweist, werden als Isolationschichten zwischen der Heizeinrichtung und den benachbarten ZrO_2 -Folien porös sinternde Siebdruckpasten auf Al_2O_3 -Basis eingesetzt, in die die Heizeinrichtung eingebettet wird.

Aufgrund der offenporigen Struktur der gesinterten Isolationschichten ist ein seitlicher Dichtrahmen aus ZrO_2 um die Heizeinrichtung und ihre Einbettung erforderlich, um eine ringum gasdichte Oberfläche des Sensorelements zu erhalten. Nur dadurch können Verfälschungen der Referenzluft und ein korrosiver Angriff auf die Heizeinrichtung durch Abgasbestandteile vermieden werden.

Das Sinterverhalten der aktuell zur Einbettung der Heizeinrichtung verwendeten Materialien unterscheidet sich deutlich von dem der benachbarten ZrO_2 -Folien. Da die Sinterschwindung dieser Materialien bei höheren Temperaturen einsetzt als die der ZrO_2 -Folien, treten im Sensorelement Biegespannungen auf. Eine Verkrümmung des Sensorelements kann nur durch eine ausreichende Beschwerung vermieden werden. Zudem führt der geringere thermische Ausdehnungskoeffizient von Al_2O_3 von $8,3 \times 10^{-6} K^{-1}$ gegenüber $10,0 \times 10^{-6} K^{-1}$ bei ZrO_2 beim Abkühlen von der Sinter Temperatur auf Raumtemperatur zu bleibenden Zugspannungen im ZrO_2 . Um zu verhindern, daß diese Zugspannungen im Laufe des Einsatzes des Sensors zur Rißbildung führen, werden als Einbettungsmaterial Zusammensetzungen verwendet, die zu einem porösen Gefüge mit geringem E-Modul sintern, das nur eine geringe Zugbelastung auf umgebende ZrO_2 -Schichten ausübt.

In DE 44 39 883 wurde Forsterit als Material für die elektrische Isolierung der Heizeinrichtung vorgeschlagen.

Das gegenwärtig zur Einbettung der Heizeinrichtung verwendete Material (ASB) wird in einem aufwendigen Verfahren aus den Komponenten Al_2O_3 , SiO_2 und BaO beziehungsweise $BaCO_3$ hergestellt. Die Eigenschaften der daraus erhaltenen Pasten schwanken stark. Qualitätsprobleme in der Sensorelementfertigung liegen zum Teil in der schlechten Reproduzierbarkeit der Pasteneigenschaften begründet.

Vorteile der Erfindung

Durch die vorliegende Erfindung wird zum einen eine Siebdruckpaste für die Fertigung von planaren keramischen Elementen vorgeschlagen, die bei den zum Sintern von ZrO_2 gebräuchlichen Temperaturen zu einem gasdichten Körper mit einem an den thermischen Ausdehnungskoeffizienten von ZrO_2 angepaßten Ausdehnungskoeffizienten sintert. Dies wird dadurch erreicht, daß der mineralische Anteil der Paste im wesentlichen $MgTiO_3$ oder ein Gemisch von $MgTiO_3$ mit ein oder mehreren anderen magnesiumhaltigen Oxiden, insbesondere MgO , Spinell oder Forsterit ist.

Es wird ferner ein Verfahren zum Herstellen eines Sen-

sorelements vorgeschlagen, das die Herstellung von Sensorelementen mit einer Trägerfolie auf Grundlage von ZrO_2 mit einer einfacheren Struktur erlaubt. Wenn nämlich bei einem Verfahren, bei dem zunächst ein Rohling des Sensorelements hergestellt wird, indem eine Heizeinrichtung auf einer Trägerfolie auf Grundlage von ZrO_2 in eine Isoliermasse eingebettet wird und dann der Rohling gesintert wird, eine Isoliermasse mit einem mineralischen Anteil auf Grundlage von $MgTiO_3$ oder einem Gemisch von $MgTiO_3$ mit einem oder mehreren anderen magnesiumhaltigen Oxiden verwendet wird, kann durch Sintern bei den für die Sinterung von ZrO_2 üblichen Temperaturen aus der Isoliermasse ein gasdichter Sinterkörper erhalten werden, so daß die herkömmlichen seitlichen Dichtrahmen entfallen können, die bei Verwendung von Isoliermassen auf Grundlage von Al_2O_3 aufgrund von deren Porosität nach dem Sintern erforderlich sind.

Ein Sinterverhalten, das dem von ZrO_2 sehr ähnlich ist, kann insbesondere mit einem mineralischen Anteil in Form von Magnesiumtitanatpulver mit einer mittleren Korngröße von 1,5–2,5 μm erreicht werden.

Vorzugsweise handelt es sich bei der Isoliermasse um die oben beschriebene Siebdruckpaste.

Für die Herstellung eines Sensors wird vorzugsweise eine erste Schicht dieser Paste auf die Trägerfolie auf Grundlage von ZrO_2 gedruckt, darauf die Heizeinrichtung gedruckt und schließlich eine zweite Schicht der Paste auf die Heizeinrichtung gedruckt, um letztere einzubetten. Eine Überdeckung der Paste mit einer weiteren Folie aus ZrO_2 -Material ist nicht unbedingt erforderlich, da die Paste gasdicht sintert und so die darin eingebettete Heizeinrichtung vor Oxidation schützt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Sensorelement mit einem Träger auf Grundlage von ZrO_2 und einer gegen den Träger isolierten und luftdicht eingeschlossenen Heizeinrichtung vorgeschlagen, bei der die Heizeinrichtung in einem Körper aus Magnesiumtitanat oder aus einem Gemisch von $MgTiO_3$ mit Mg-haltigen Oxiden wie MgO , Spinell oder Forsterit eingebettet ist, der im wesentlichen den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie das ZrO_2 des Trägers hat.

Vorzugsweise handelt es sich bei dem Sensorelement um ein Lambda-Sensorelement.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Figuren.

Figuren

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Explosionsdarstellung den Aufbau eines Lambda-Sensorelements;

Fig. 2 veranschaulicht das Schrumpfungsverhalten beim Sintern von Magnesiumtitanat und ZrO_2 in Abhängigkeit von der Temperatur;

Fig. 3 zeigt die Temperaturabhängigkeit der thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Magnesiumtitanat und ZrO_2 ; und

Fig. 4 zeigt die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von Magnesiumtitanat, Aluminiumoxid und ZrO_2 .

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt in einer Explosionsdarstellung den Aufbau und die Herstellung eines Lambda-Sensors mit einem Sensorelement mit dichtsinternder Heizeinrichtung ohne Dichtrahmen. Auf einer als Heizerfolie 1 bezeichneten unteren Folie auf Grundlage von ZrO_2 ist durch Siebdruck eine un-

tere Isolationsschicht aufgebracht, die einen mineralischen Anteil in Form von Magnesiumtitanatpulver mit einer mittleren Korngröße von 1,5–2,0 µm besitzt. Die Siebdruckpaste hat folgende Zusammensetzung:

- Magnesiumtitanatpulver: 20 bis 70 Gew.-%,
- Lösemittel: 20 bis 70 Gew.-%,
- Binder: 1 bis 15 Gew.-%,
- Weichmacher: 1 bis 15 Gew.-%.

Eine typische Zusammensetzung ist:

- 40 Gew.-% Magnesiumtitanatpulver,
- 50 Gew.-% organische Lösemittel,
- 70 Gew.-% organischer Binder,
- 3 Gew.-% organischer Weichmacher.

Als Lösemittel kommen beispielsweise Butylcarbitol oder Ethylhexanol in Frage, als Binder wurde Polyvinylbutyral verwendet; typische Weichmacher sind Dibutylphthalat oder Dioctylphthalat.

Eine Siebdruckpaste mit der oben angegebenen Zusammensetzung wird zum Beispiel hergestellt durch Homogenisieren in geeigneten Mischaggregaten wie zum Beispiel einer Kugelmühle, Mörsermühle, einem Dreiwalzwerk, einem Attritor oder Dissolver. Anschließend wird die Paste auf die ungesinterte keramische Heizerfolie 1 aufgedruckt.

Auf diese Schicht werden ebenfalls durch Siebdruck die elektrische Heizeinrichtung 3 in Form einer mäandrierenden Leiterbahn sowie Zuleitungen 14 für die Stromversorgung der Heizeinrichtung 3 aufgebracht. Darüber wird eine zweite Isolationsschicht 4 mit der gleichen Zusammensetzung wie die Isolationsschicht 1 gedruckt. Die Heizeinrichtung 3 ist somit ringsum in die Isolationsschichten 2 und 4 eingebettet. Die Zuleitungen 14 sind über Durchkontaktierungen 12 in der unteren Isolationsschicht 2 und der Heizerfolie 1 mit an der Außenfläche der Heizerfolie 1 angebrachten Anschlußkontakten 11 verbunden. Da diese Anschlußkontakte 11 an dem von der Heizeinrichtung 3 abgewandten und deshalb relativ kühlen Ende der Heizerfolie 1 angebracht sind, besteht bei ihnen keine Gefahr, daß sie in der Umgebungsluft des Sensors oxidieren. Alternativ könnten die Zuleitungen 14 direkt aus der Einbettung zwischen den zwei Isolationsschichten 2, 4 herausgeführt sein, um die Heizeinrichtung 3 mit Strom zu versorgen. Eine weitere Alternative ist eine Ausführung mit einer durchgehenden außenliegenden Heizeinrichtung, die nur durch eine dichtsinterte Isolationsschicht abgedeckt ist, wobei die Anschlußkontakte frei bleiben.

Auf der zweiten Isolationsschicht 4 wird eine zweite Folie aus Zirkoniumoxid, als Referenzluftkanalfolie 5 bezeichnet, angeordnet. Ein Referenzluftkanal 6 erstreckt sich über fast die gesamte Länge der Folie 5 von dem die Anschlußkontakte 11 tragenden "kalten" Ende des Sensors bis in den "heißen" Bereich oberhalb der Heizeinrichtung 3.

Auf dem Referenzluftkanal 5 wiederum ist eine Sensorfolie 8 angeordnet, die an ihren zwei Oberflächen eine innere beziehungsweise eine äußere Elektrode 7 beziehungsweise 9 in dem Bereich oberhalb der Heizeinrichtung 3 trägt. Die äußere Elektrode 9 ist durch eine poröse Schutzschicht 10 gegen die den Sensor umgebende Atmosphäre abgeschirmt.

Das Sinterverhalten des Magnesiumtitanatpulvers der Isolationsschichten 2 und 4 ist in Fig. 2 gemeinsam mit dem der ZrO₂-Folien 1 beziehungsweise 5 gezeigt. Dabei ist an der Ordinate des Diagramms die Temperatur in °C und an der Abszisse die Schwindung in Prozent aufgetragen. Für die Messung des Schrumpfungsverhaltens von Magnesiumtitanatpulver wurden aus dem reinen Pulver unter 500 bar

axial gepreßte Proben verwendet, die mit einer Aufheizrate von 100 K pro Stunde erhitzt wurden. Der Sinterbeginn des Magnesiumtitanats liegt mit ca. 1000°C auf dem gleichen Niveau wie bei den zur Herstellung von planaren Sensorelementen herkömmlicherweise verwendeten ZrO₂-Folien mit Zusatz von SiO₂ und Al₂O₃.

Oberhalb von 1000°C nimmt die Schrumpfung zu und erreicht einen Wert von ca. 12% bei 1300°C, wie der Kurve 20 zu entnehmen ist.

Bei einer ersten Probe wurde der Aufheizprozeß bei 1300°C abgebrochen, und die Temperatur wurde zwei Stunden lang aufrechterhalten. Kurve 20A zeigt das weitere Sinterverhalten dieser Probe: Die Schrumpfung setzte sich fort bis zu einer Endrate von ca. 15%, die erhaltene Dichte des Sinterkörpers betrug 3,71 g/cm³. Bei zwei weiteren Proben wurde die Aufheizung bei 1350°C beziehungsweise 1375°C abgebrochen, und die daraufhin erreichte Temperatur zwei Stunden lang aufrechterhalten. Wie die zugehörigen Kurven 20B beziehungsweise 20C zeigen, ist das Sinterverhalten dieser Proben der erstgenannten sehr ähnlich. In beiden Fällen wurden Sinterkörper mit einer Dichte von 3,72 g/cm³ erhalten.

Die theoretische Dichte von Magnesiumtitanat beträgt 3,88 g/cm³. Die Sinterkörper erreichten somit 95,9% dieser theoretischen Dichte. Das gesinterte Material weist daher eine geschlossene Porosität auf und ist somit gasdicht.

Kurve 21 zeigt zum Vergleich das Schrumpfungsverhalten einer in herkömmlicher Weise zur Herstellung eines Sensorelements verwendeten ZrO₂-Folie. Diese Folie enthält neben den erwähnten Zusätzen von Al₂O₃ und SiO₂ und einer Yttrium-Stabilisierung in ungesintertem Zustand einen organischen Anteil, der die mineralischen Anteile bindet und die Folie handhabbar macht. Um diesem organischen Anteil Zeit zum Verbrennen und Ausgasen zu lassen, wurde die ZrO₂-Folie zunächst bis auf ca. 800°C mit einer Aufheizrate von 30 K pro Stunde erhitzt. Eine Schrumpfung von ca. 2% der ZrO₂-Folie im Temperaturbereich unterhalb 1000°C geht auf die Verbrennung dieses organischen Anteils zurück. Oberhalb 800°C wurde die Folie mit einer Aufheizrate von 90 K pro Stunde auf eine Endtemperatur von 1380°C erhitzt und auf dieser Temperatur fünf Stunden lang gehalten. Es wurde eine Enddichte der ZrO₂-Folie von 5,86 g/cm³ erreicht.

Der Sintervorgang setzt wie bei Magnesiumtitanat bei ca. 1000°C ein und ist bei knapp 1400°C im wesentlichen abgeschlossen. Das Sinterverhalten von ZrO₂ und Magnesiumtitanat stimmt somit nicht nur hinsichtlich der Schrumpfungsraten, sondern auch hinsichtlich der Temperaturen des Sintervorgangs überein. Würde man anstelle einer Probe aus reinem Magnesiumtitanat das Schrumpfungsverhalten einer dieses Material als mineralischen Anteil enthaltenden Siebdruckpaste messen, so wäre eine noch stärkere Ähnlichkeit der Schrumpfungskurven zu erwarten, als bei den Kurven 20, 21 gezeigt, denn in einem solchen Fall würde auch bei der Magnesiumtitanat-Paste die Verbrennung des organischen Anteils zu einer Schrumpfung unterhalb von 1000°C in ähnlicher Größenordnung wie bei der ZrO₂-Folie führen.

Fig. 3 zeigt den Verlauf der thermischen Ausdehnungskoeffizienten von gesintertem Magnesiumtitanat und gesintertem ZrO₂-Folie in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Temperatur in °C ist an der Ordinate, der thermische Ausdehnungskoeffizient in 10⁻⁶ K⁻¹ an der Abszisse des Diagramms aufgetragen. Die Kurve 30 zeigt das Verhalten von Magnesiumtitanat, die Kurve 31 das der ZrO₂-Folie. Der Ausdehnungskoeffizient des gesinterten Magnesiumtitanatkörpers beträgt bei 1100°C 10,4 × 10,6 K⁻¹ und entspricht damit dem von ZrO₂. Im unteren Temperaturbereich treten nur geringe Abweichungen auf. Daher ergeben sich beim

Abkühlen von Verbundmaterialien aus ZrO_2 und $MgTiO_3$, wie eben einem Sensorelement der oben beschriebenen Art, nur geringe bleibende Spannungen aufgrund von thermischer Fehlpassung.

Aufgrund der mit Bezug auf Fig. 2 und 3 dargestellten thermischen Eigenschaften von ZrO_2 und $MgTiO_3$ führt die Verwendung von Magnesiumtitanat zu einer erheblich geringeren Wahrscheinlichkeit von Ausschuß bei der Herstellung von Sensorelementen. Da die fertigen Sensorelemente arm an inneren Spannungen sind, ist auch die Wahrscheinlichkeit gering, daß Temperaturwechsel während des Betriebs der Sensorelemente zur Bildung von makroskopischen Rissen und zur Zerstörung der Sensorelemente führen. Die Empfindlichkeit gegen Temperaturschocks ist somit verringert.

Fig. 4 zeigt die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit eines Sinterkörpers aus Magnesiumtitanat sowie, im Vergleich, die von gesintertem Al_2O_3 und ZrO_2 . An der Ordinate des Diagramms ist unten der Kehrwert der Temperatur in 1000 K^{-1} und oben die Temperatur in K aufgetragen; an der Abszisse ist die Leitfähigkeit in S/cm angegeben. Gemessen wurde jeweils die Leitfähigkeit während des Aufheizens und Abkühlens einer Probe. Kurve 40 zeigt das Verhalten einer ZrO_2 -Folie. Ab einer Temperatur von ca. 400 K ist eine Zunahme der Leitfähigkeit erkennbar. Im für die Anwendung eines keramischen Sensorelements als Lambda-Sensor interessierenden Temperaturbereich ab 1000 K beträgt die Leitfähigkeit des ZrO_2 über 1 mS/cm . Deshalb ist es notwendig, die Heizeinrichtung eines solchen Sensorelements gegen eine ZrO_2 -Trägerfolie elektrisch zu isolieren. Kurve 41 zeigt die Leitfähigkeit eines in herkömmlicher Weise hierfür verwendeten Aluminiumoxids. Sie steigt erst bei ca. 650 K kontinuierlich an und erreicht im Temperaturbereich 1000 bis 1200 K eine Leitfähigkeit von ca. 10^{-6} bis 10^{-5} S/cm .

Die Kurve 42 zeigt die Leitfähigkeit von Magnesiumtitanat. Sie beginnt wie die von Aluminiumoxid, ab einer Temperatur von ca. 650 K kontinuierlich zuzunehmen. Die Zunahme verläuft etwas steiler als bei Aluminiumoxid und erreicht bei 1200 K eine Leitfähigkeit von ca. $1 \times 10^{-4}\text{ S/cm}$. Im interessierenden Temperaturbereich liegt die Leitfähigkeit ungefähr zwei Größenordnungen unter dem Wert von ZrO_2 . Magnesiumtitanat hat also auch bei hoher Temperatur eine ausreichende Isolationsfähigkeit.

Die Erfindung ist oben zwar schwerpunktmäßig mit Hinblick auf die Verwendung von Magnesiumtitanat als mineralischem Anteil der Siebdruckpaste, beziehungsweise der Isolationsschicht eines unter Verwendung der Siebdruckpaste hergestellten Sensorelements beschrieben worden, es wird jedoch erwartet, daß andere magnesiumhaltige Oxide, insbesondere Mischungen aus $MgTiO_3$ mit Forsterit, Spinell oder MgO ähnlich vorteilhafte Eigenschaften aufweisen.

Patentansprüche

1. Siebdruckpaste für die Fertigung von planaren keramischen Elementen, einen mineralischen Anteil, Lösungs- und Hilfsmittel enthaltend, **dadurch gekennzeichnet**, daß der mineralische Anteil im wesentlichen $MgTiO_3$ oder ein Gemisch von $MgTiO_3$ mit Spinell, Forsterit oder MgO ist.
2. Paste nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie zwischen 20 und 70 Gew.-% mineralischen Anteil, zwischen 20 und 70% Lösungsmittel, zwischen 1 und 15 Gew.-% Binder und zwischen 1 und 15 Gew.-% Weichmacher umfaßt.
3. Paste nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie ca. 40 Gew.-% mineralischen Anteil, ca. 50

Gew.-% Lösungsmittel, ca. 7 Gew.-% Binder und ca. 3 Gew.-% Weichmacher umfaßt.

4. Verfahren zum Herstellen eines Sensorelements, bei dem ein Rohling des Sensorelements hergestellt wird, indem eine Heizeinrichtung (3) auf einer Trägerfolie (1) auf Grundlage von ZrO_2 in eine Isoliermasse (4) eingebettet wird, und der Rohling gesintert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Isoliermasse (2, 4) einen mineralischen Anteil auf Grundlage eines magnesiumhaltigen Oxids aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das magnesiumhaltige Oxid $MgTiO_3$ oder ein Gemisch von $MgTiO_3$ mit MgO , Spinell oder Forsterit ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der mineralische Anteil $MgTiO_3$ -Pulver mit einer mittleren Korngröße von ca. 1,5–2,5 μm ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sinterung bei einer Temperatur zwischen 1000 und 1400°C, insbesondere bei einer Maximaltemperatur von 1385°C durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Isoliermasse eine Paste nach einem der Ansprüche 1 bis 4 ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Schicht (2) der Paste auf die Trägerfolie (1) gedruckt ist, die Heizeinrichtung (3) auf die erste Schicht (2) gedruckt wird und eine zweite Schicht (4) der Paste auf die Heizeinrichtung (3) gedruckt wird, um letztere einzubetten.

10. Sensorelement mit einem Träger (1) auf Grundlage von ZrO_2 und einer gegen den Träger isolierten und luftdicht eingeschlossenen Heizeinrichtung (3) dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung (3) in einen Körper (2, 4) auf Grundlage eines magnesiumhaltigen Oxids eingebettet ist.

11. Sensorelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das magnesiumhaltige Oxid $MgTiO_3$ oder ein Gemisch von $MgTiO_3$ mit MgO , Spinell oder Forsterit ist.

12. Sensorelement nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper (2, 4) aus $MgTiO_3$ -Pulver mit einer mittleren Korngröße von ca. 1,5–2,5 μm gesintert ist.

13. Sensorelement nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Lambda-Sensorelement ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

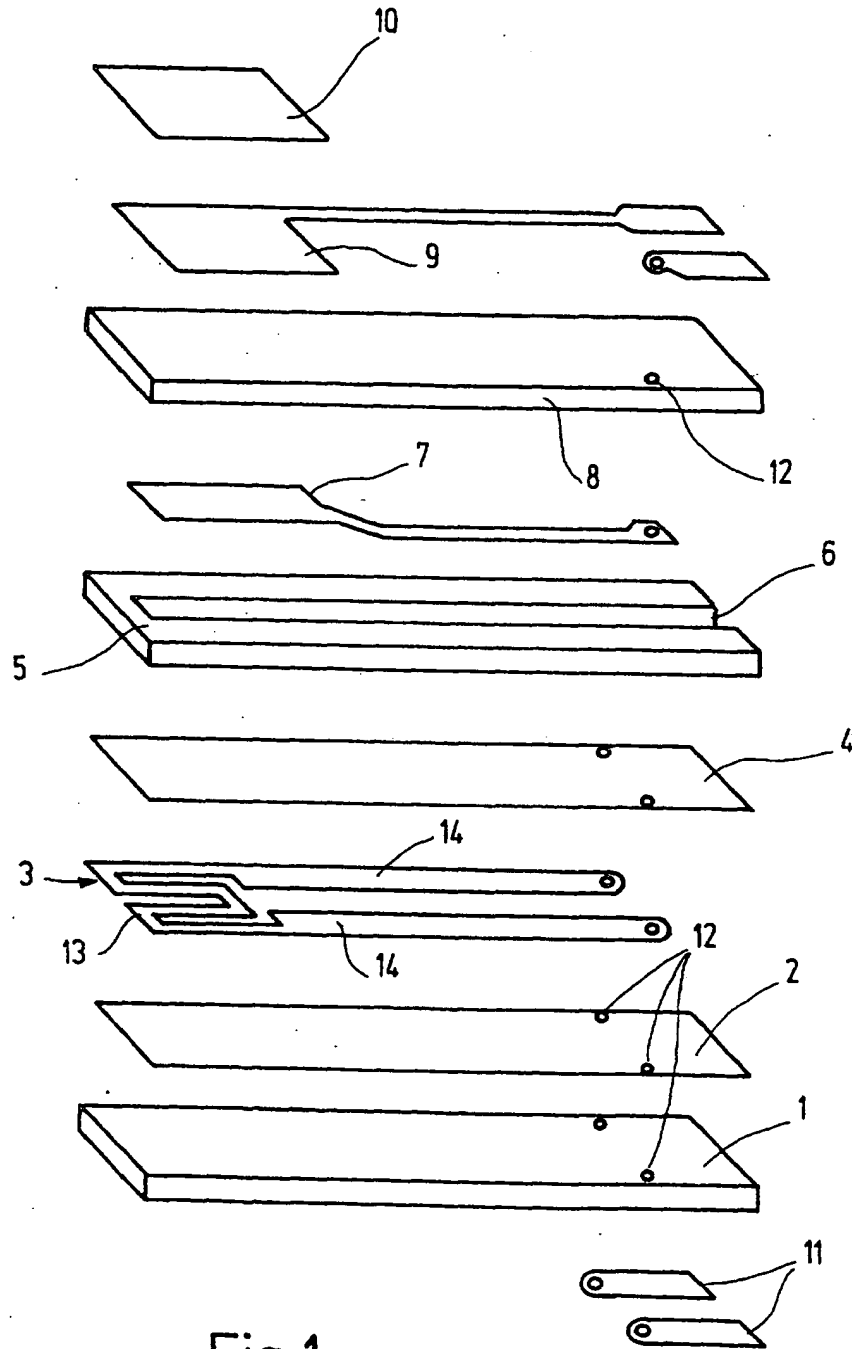


Fig.1

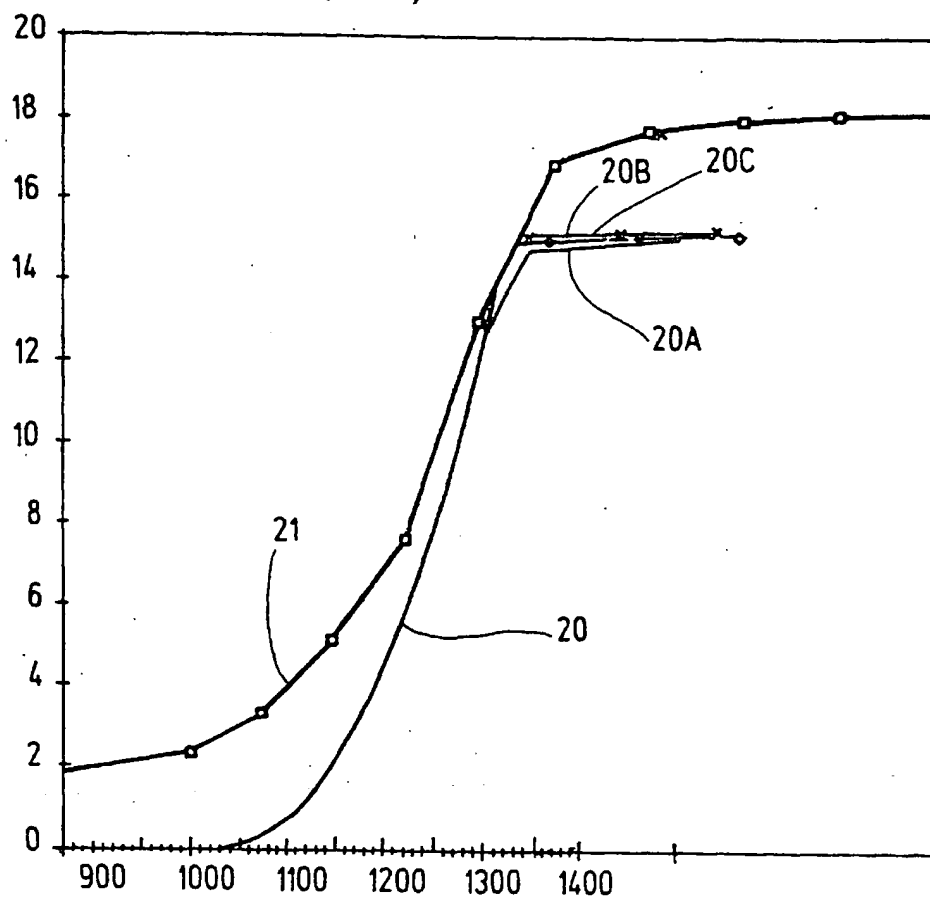


Fig.2

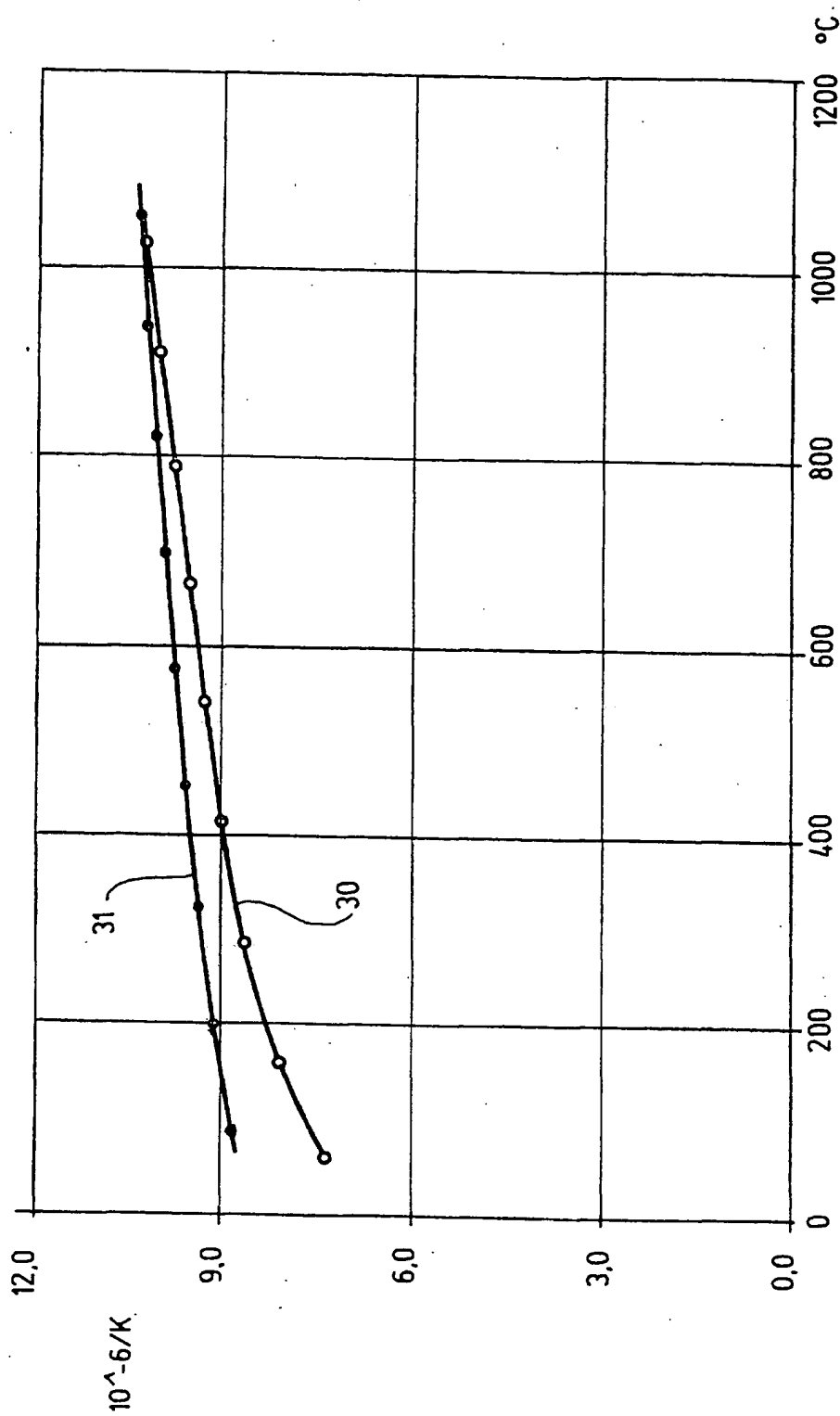


Fig.3

Fig.4

